7B

УДК 004.825

***Я.І. Виклюк*[1]*, Б.М. Гаць*[2]**
[1]НУ «Львівська політехніка», м. Чернівці, Україна
[2]Київський національний торговельно-економічний університет, м. Чернівці, Україна
vyklyuk@ukr.net, gatsb@yandex.ru

Методи побудови просторових розподілів полів ймовірностей урбанізації на основі ANFIS

У статті розглядається проблема побудови просторових розподілів полів ймовірності урбанізації на прикладі типових туристичних поселень Українських Карпат. Розглянуто методику отримання даних з геоінформаційних систем (ГІС) і знаходження прихованих залежностей засобами нечіткої логіки. Одержано нечіткі FIS-системи з різними типами функцій приналежності, на основі яких створено карти полів ймовірності.

Вступ

Інтенсивний розвиток туризму в Карпатському регіоні зумовлює необхідність прогнозування процесів появи нових, а також розвитку і розширення існуючих туристичних містечок. Форма поселень і райони розширення залежать від численних факторів, але мають спільні особливості для кожного конкретного випадку. Ріст туристичних містечок впливає на розвиток малого та середнього туристичного бізнесу. У свою чергу, ефективне функціонування підприємств туристичної галузі можливе за умови визначення потенційно привабливих для туристів територій та оцінки рівня привабливості цілого регіону.

Крім того, інформація про перспективні для створення та розбудови туристичної інфраструктури зони цікавить органи державної, місцевої влади та інвесторів. Можливість визначення перспективних районів не тільки дозволить виявити привабливі для інвестицій об’єкти, але й допоможе сформувати більш ефективну стратегію розвитку туризму в регіонах.

Туристичні поселення представляють собою комплексні системи, розглядаються їх внутрішні характеристики появи, самоорганізації, схожості, нелінійної поведінки в динаміці використання земель [1]. Використання інструментів моделювання для таких систем дасть змогу краще зрозуміти рушійні сили процесу урбанізації, підтримки планування міст і управлінської політики. Розвиток туристичних поселень є складним процесом, що визначається взаємодією біофізичних та людських факторів в просторі і часі в різній мірі [2].

Метою даної роботи є розробка методів побудови просторових розподілів полів ймовірності урбанізації на основі ANFIS для подальшого моделювання розвитку форми туристичних поселень і визначення перспективних, інвестиційно привабливих районів регіону.

Актуальність дослідження полягає у визначенні рівня розвитку території туристичних поселень для ефективного розміщення підприємств туристичної і рекреаційної індустрії.

Формалізація моделі

В роботі [3] для моделювання розвитку міста Шеньжень (Китай) і прогнозування його майбутнього статусу як змінні моделі беруться наступні параметри: відстань до найближчого автобану, автодороги, центру міста, залізниці. В моделі [2] визначено сім параметрів, що тісно пов'язані з рушійними силами і обмежувальними факторами процесу урбанізації. Крім наведених вище змінних модель включає: відстань до аеропорту, об'їзної дороги і метрополітену. Дані моделі використовуються для відображення процесу урбанізації великих міст і враховують характерні особливості, що притаманні для їх розвитку і розширення. Використання всіх наведених вище параметрів не є прийнятним для моделювання невеликих за розмірами туристичних містечок.

Із врахуванням специфіки Карпатського регіону: відсутність аеропортів, автобамів, невеликі розміри туристичних поселень, наявність під'їзних доріг – модель просторових розподілів ймовірності урбанізації може бути представлена наступним чином:

$$p = f(x_1, x_2, x_3), \quad (1)$$

де p – ймовірність урбанізації території, x_1 – відстань до центру населеного пункту, x_2 – відстань до найближчої автодороги, x_3 – відстань до найближчої залізничної станції.

Вибір приведених параметрів зумовлений тим, що важливу роль при моделюванні розвитку туристичних поселень відіграє відстань до атракторів (гірськолижних витягів, історико-культурних центрів тощо). В нашому випадку атрактором було визначено центр населеного пункту. Іншим фактором розвитку є транспортні мережі (автошляхи і залізниці). Відомо, що розбудова поселень (особливо тих, що спеціалізуються на туризмі) тяжіє до прокладених автошляхів. Це підтверджується численними знімками населених пунктів з космосу [4]. Зі збільшенням віддалі до автошляхів привабливість розвитку території спадає.

Особливістю Карпатського регіону є наявність асфальтованих автодоріг, а також під'їзних ґрунтових доріг, які відіграють важливе значення в інфраструктурі туристичних поселень.

Методи розрахунку функціональної залежності між параметрами моделі (1) і цільовою функцією можуть бути різними. Так, в роботі [5] використовується метод вагових матриць, модель SLEUTH [6], багатокритеріальна оцінка (MCE) [7], логістична регресія [8], нечіткі мережі [9], дерева рішень [10].

Для формування навчальної вибірки використовувалась ГІС MapInfo Professional. Як навчальний приклад були вибрані просторові структури основних туристичних містечок Українських Карпат, а саме: смт. Ворохта, м. Яремче, с. Мигово, смт. Славське, с. Паляниця. Такий вибір був зумовлений тим, що дані містечка є типовими туристичними центрами Карпатського регіону. Крім того, міста належать до одного регіону, формуються і розвиваються подібно одне до одного, їм притаманні схожі процеси росту, населення має схожий менталітет. Формування навчальної вибірки з декількох міст має на меті знаходження прихованих залежностей в динаміці розвитку туристичних містечок Українських Карпат.

Навчальна вибірка була сформована відповідно до наступного алгоритму. Навколо заданих туристичних містечок визначалась область радіусом декілька кілометрів. З заданої області випадковим чином вибирались точки, для яких визначалися координати, наявність об'єктів інфраструктури (автомобільних доріг, залізничних шляхів, селищ). Крім цього, розраховувалась відстань до найближчої автодороги, залізничної станції і центру вибраного населеного пункту.

Відстань розраховувалася між двома точками по дузі великого земного перетину (великої окружності, отриманої в результаті перетину земної кулі площиною, заданої цими двома точками й центром Земної кулі):

$$\Delta\sigma = \arctan\left\{\frac{\sqrt{[\cos\phi_2 \sin\Delta\lambda]^2 + [\cos\phi_1 \sin\phi_2 - \sin\phi_1 \cos\phi_2 \cos\Delta\lambda]^2}}{\sin\phi_1 \sin\phi_2 + \cos\phi_1 \cos\phi_2 \cos\Delta\lambda}\right\}, \qquad (2)$$

де $\phi_1, \lambda_1, \phi_2, \lambda_2$ – широта й довгота двох точок, $\Delta\lambda$ – різниця координат по довготі, $\Delta\sigma$ – кутова різниця.

Розрахунок проводився за допомогою мови програмування MapBasic.

В даній роботі було отримано навчальну вибірку даних, що містить 5000 значень. Для знаходження прихованих залежностей використовуються методи Data Mining, що являє собою процес знаходження в необроблених даних раніше невідомих, нетривіальних, практично корисних і доступних інтерпретації знань, необхідних для прийняття рішень в різних сферах людської діяльності [11]. Загальною особливістю подібних задач є існування деякої залежності, що пов'язує вхідні й вихідні змінні моделі системи, представленої у формі «чорного ящика». При цьому виявлення й визначення даної залежності в явному теоретико-множинному або аналітичному вигляді не представляється можливим через недолік інформації про проблемну область, що моделюється, або складність врахування численних факторів, що впливають на характер даного взаємозв'язку.

Для конструктивного вирішення подібних завдань розроблений спеціальний математичний апарат нейронних мереж [12]. Достоїнством моделей, побудованих на основі нейронних мереж, є можливість одержання нової інформації про проблемну область у формі деякого прогнозу. При цьому побудова й настроювання нейронних мереж здійснюється за допомогою навчання на основі наявної інформації.

Недоліком нейронних мереж є подання знань про проблемну область у спеціальному виді, що може істотно відрізнятися від можливої змістовної інтерпретації існуючих взаємозв'язків і відносин.

Нечіткі нейронні (гібридні) мережі покликані об'єднати в собі достоїнства нейронних мереж і систем нечіткого виводу. З одного боку, вони дозволяють розробляти й представляти моделі систем у формі правил нечітких продукцій, які володіють наочністю змістовної інтерпретації. З іншого боку, для побудови правил нечітких продукцій використовуються методи нейронних мереж.

З огляду на це, в роботі було використано адаптивну систему нейро-нечіткого виводу ANFIS, за допомогою якої отримано нечіткі FIS-системи з можливістю модифікації, редактування і аналізу.

Комп'ютерний експеримент

Для розрахунку поля ймовірності урбанізації була побудована нечітка система типу Сугено з допомогою ANFIS-редактора пакету MATLAB. Система нечіткого виведення містить 3 вхідні змінні, одну вихідну змінну, кожна з яких описується 3 термами. В результаті навчання сформовано 27 правил нечітких продукцій. В роботі досліджувались FIS-системи з різними типами функцій приналежності: гаусівська, узагальнена дзвіноподібна, трикутна і трапецієвидна.

Для аналізу побудованих нечітких систем проаналізуємо їхні поверхні нечіткого виводу. Всі графіки, зображені на рис. 1-4, відображають рівень ймовірності урбанізації території залежно від відстаней до центру міста, залізничної станції і автодороги. На рис. 1-2 подано поверхні, побудовані на основі FIS-системи з гаусівськими і дзвіноподібними функціями приналежності. З рисунків видно, що зі зміною відстані ймовірність розвитку території змінюється плавно, без різких переходів, а самі поверхні мають неперервну структуру. У свою чергу поверхні, побудовані на основі FIS-систем з трикутними і трапецієвидними функціями приналежності (рис. 3-4), показують різкі прямолінійні спади ймовірності урбанізації при зміні відстані. Таких різких перепадів на практиці, як правило, не спостерігається, і отримані результати не є адекватними для соціальних систем і відповідно поставленої задачі. Дані FIS-системи можна використати для бінарних випадків (моделювання теперішнього стану туристичних поселень), але вони не підходять для вирішення задач моделювання просторового розвитку форми туристичних поселень.

Тому розглянемо детальніше результати, отримані на основі гаусівських і дзвіноподібних функцій.

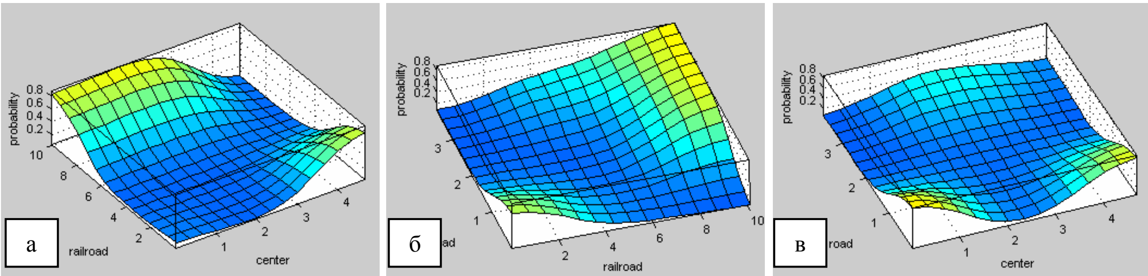


Рисунок 1 – Поверхні залежностей ймовірності урбанізації для гаусівських функцій приналежності в залежності від зміни відстані: а) до центру і залізничної станції, б) до залізничної станції і автодороги, в) до центру і автодороги

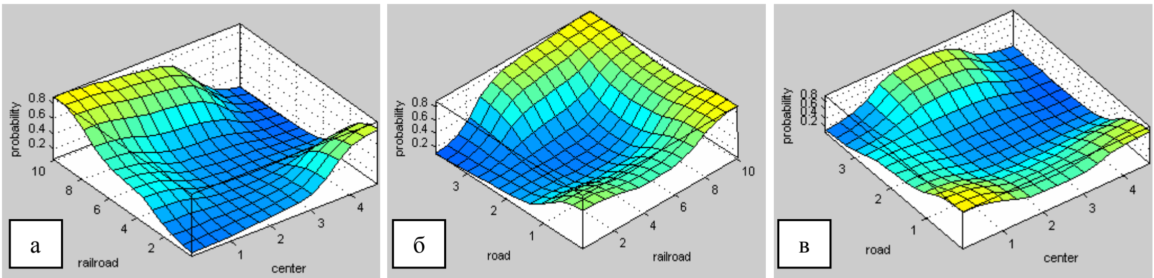


Рисунок 2 – Поверхні залежностей рівня ймовірності урбанізації для дзвіноподібних функцій приналежності в залежності від зміни відстані: а) до центру і залізничної станції, б) до залізничної станції і автодороги, в) до центру і автодороги

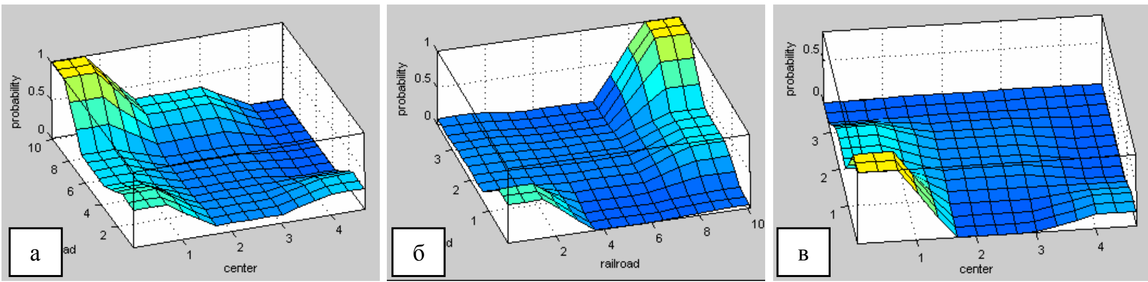


Рисунок 3 – Поверхні залежностей рівня ймовірності урбанізації для трапецієвидних функцій приналежності в залежності від зміни відстані: а) до центру і залізничної станції, б) до залізничної станції і автодороги, в) до центру і автодороги

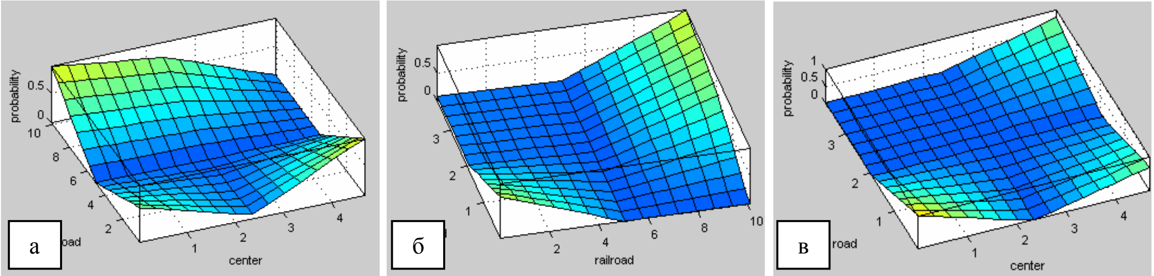


Рисунок 4 – Поверхні залежностей рівня ймовірності урбанізації для трикутних функцій приналежності в залежності від зміни відстані: а) до центру і залізничної станції, б) до залізничної станції і автодороги, в) до центру і автодороги

На рис. 1 а), 2 а) показано рівень ймовірності урбанізації території залежно від зміни відстані до центру міста і залізничної станції. З рис. 1 а) видно, що за наявності залізниці в районі центру ймовірність урбанізації є мінімальною. Тобто у випадку розміщення залізничного вокзалу в центральній частині туристичного містечка дана територія не буде урбанізованою. Така ж ситуація спостерігається на рис. 2 а). На обох графіках виділяються два піки. Перший пік виникає на невеликій відстані від залізниці подалі від центру. Тобто забудова буде відбуватися в околі залізничного вокзалу за умови, що він буде знаходитись подалі від центру. Другий пік спостерігаємо на віддалі від залізної дороги поблизу центру. Причому на рис. 2 а) в околі дороги та з поступовим віддаленням від центру видно невелику область, яка відсутня на рис. 1 а). Дана область відображає зростання ймовірності забудови на невеликій віддалі від центру.

На рис. 1 б), 2 б) зображено рівень ймовірності урбанізації території в залежності від зміни відстані до залізничної станції і автодороги. На рис. 1 б), 2 б) видно, що при розташуванні залізничного вокзалу поруч з дорогою ймовірність забудови буде високою. Це пов’язано зі зручним положенням основних транспортних осередків, які зосереджені в одному місці. У випадку, коли залізничний вокзал розташований на великій відстані від дороги, ймовірність забудови стає рівною нулю. На рис. 1 б) у випадку віддаленості від залізничного вокзалу і близькості до доріг ймовірність забудови залишається високою, чого немає на рис. 1 б). Причому на рис. 2 б) бачимо три піки, а не два, як на рис. 1 б). Зростання ймовірності для обох випадків відбувається в місцях, що розташовані далеко від залізничного вокзалу і автодоріг. Даний пік пов’язаний з особливістю росту туристичних поселень, які розвиваються в місцях з відсутнім інтенсивним рухом, на відстані від основних транспортних шляхів.

На рис. 1 а), 2 а) показано характер розвитку території залежно від зміни відстані до центру міста і автодороги. З рис. 1 в), 2 в) видно, що в районі центру біля дороги ймовірність урбанізації території є максимальною. На рис. 1 в) видно, що з віддаленням від центру або від дороги ймовірність поступово спадає. Знаходячись на незначній відстані від дороги, подалі від центру, спостерігаємо мінімальну ймовірність урбанізації. На значній відстані від центру поблизу дороги спостерігається поступове зростання величини ймовірності. Даний пік пов’язаний з тим, що ймовірність забудови є високою не тільки в околі центру, але й на певній віддалі від нього. Для випадку 2 в) з віддаленням від центру поблизу дороги ймовірність спадає, але не є рівною нулю і з подальшим віддаленням від центру починає зростати, як і у випадку 1 в). При незначній віддаленості від доріг і близькості до центру ймовірність поступово починає спадати. В обох випадках незначне підвищення ймовірності відбувається в області, що віддалена від основних доріг і знаходиться недалеко від центру. В таких районах мала інтенсивність руху, свіже повітря і близькість до основних зручностей. На рис. 2 в) даний пік має більш виражений характер.

Наступним кроком після розрахунку залежності моделі (1) є побудова полів ймовірності урбанізації туристичних містечок. Для цього скористаємося методом побудови карт рекреаційних потенціалів [13]. Карта території T покривається прямокутником $\Pi = [a,b] \times [c,d]$. Очевидно, що прямокутник Π містить множину (територію) T ($T \subset \Pi$). Прямокутник Π розбивається сіткою $\Delta = \Delta_x \times \Delta_y$, де:

$$\Delta_x = \bigcup_{k=0}^{N} \{x_k\}; \tag{3}$$

$$\Delta_y = \bigcup_{l=0}^{M} \{y_l\}; \tag{4}$$

$$x_k = x_o + kh_x, \ k = \overline{0,N}; \tag{5}$$

$$y_l = y_0 + lh_y, \ l = \overline{0,M}; \tag{6}$$

$$h_x = \frac{b-a}{N}; \tag{7}$$

$$h_y = \frac{d-c}{M}. \tag{8}$$

Для кожного вузла сітки визначаються значення вхідних параметрів моделі просторових розподілів ймовірності урбанізації (1). Результатом розрахунку є матриця розміром 1000000 × 3. Отримані матриці були використані як аргументи функції evalfis пакету FuzzyLogic Toolbox, з допомогою якої було виконано нечіткий вивід в побудованих FIS-системах. На виході були отримані матриці, що відображають ймовірність урбанізації кожного з вузлів сітки і побудовані графіки просторових розподілів ймовірності урбанізації.

Апробація запропонованого методу здійснювалась на основі туристичних містечок Паляниця, Славське, що входили в навчальну вибірку і типових туристичних поселень Карпатського регіону Пилипець, Яблуниця, які не були включеними в вибірку. Розглянемо детальніше отримані результати.

Розраховані поля ймовірностей для с. Яблуниця, наведені на рис. 6 а), 6 б), 6 д), дають практично ідентичний результат. Видно, що найвища ймовірність розвитку зосереджена в центрі поля і утворює область, подібну до кола. Навколо даної області утворюються нашарування, які мають схожу форму, але меншу величину ймовірності. Біля центральної області розташовані дві менші області, які на невеликій відстані від центру утворюють плато, навколо якого відбувається подальший розвиток.

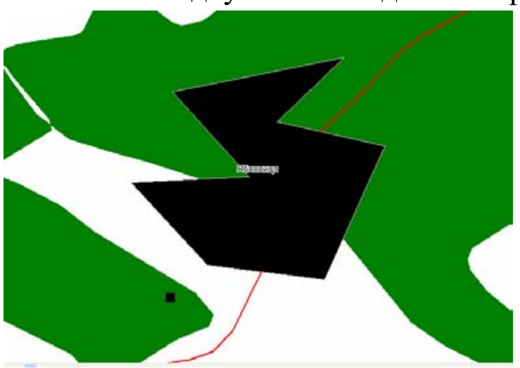


Рисунок 5 – с. Яблуниця в ГІС MapInfo

На рис. 6 а), 6 б) видно різкі переходи між областями, на відміну від поля на рис. 6 д), де переходи є більш розмитими. Проте дана відмінність суттєво не впливає на кінцевий результат моделювання.

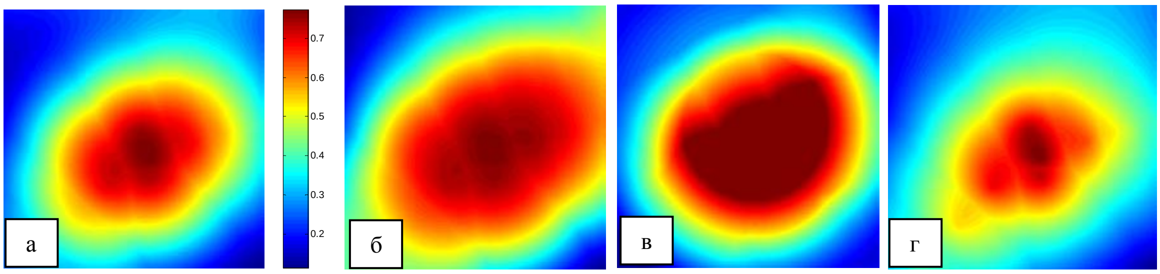


Рисунок 6 – Поля ймовірності урбанізації с. Яблуниця: а) гаусівські, б) дзвіноподібні, в) трапецієвидні, д) трикутні

З рис. 6 в) видно, що максимальна ймовірність розвитку присутня в центральній частині поля, причому утворюється плато на цілу область, яка буде забудована. З віддаленням від центру ймовірність зменшується і спостерігається різкий перепад між областями. Тому поля, побудовані на основі FIS-систем з трапецієвидними функціями приналежності, можуть використовуватися для бінарних випадків і прогнозування теперішнього стану розвитку поселень.

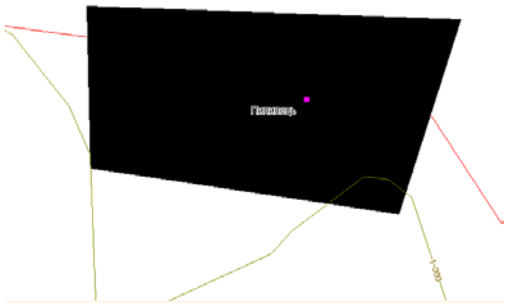


Рисунок 7 – с. Пилипець в ГІС MapInfo

Для с. Пилипець (рис. 7) найкращий результат показали поля, побудовані на основі FIS-систем з гаусівськими і трикутними функціями приналежності (рис. 8 а, 8 д). З рисунків видно виражений центр, навколо якого відбувається розвиток. У випадку дзвіноподібних функцій (рис. 8 б) видно два виражені центри, які насправді відсутні. Це пояснюється присутністю автодороги, що вплинуло на вигляд поля.

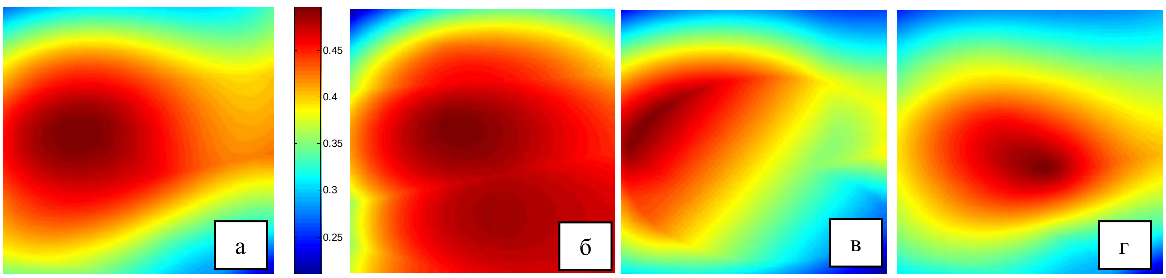


Рисунок 8 – Поля ймовірності урбанізації с. Пилипець: а) гаусівські, б) дзвіноподібні, в) трапецієвидні, д) трикутні

Для трапецієвидних функцій (рис. 8 в) отримане поле не співпадає з реальним виглядом містечка, що було обґрунтовано при аналізі поверхонь нечіткого виводу.

На рис. 10 представлені поля ймовірностей урбанізації для смт. Славське. Видно, що поля, побудовані на основі FIS-систем з гаусівськими, дзвіноподібними і трикутними функціями приналежності, дають майже ідентичний результат (рис. 10 а, 10 б, 10 д). На даних рисунках присутні декілька центрів, навколо яких відбувається ріст. Причому всі області з високою ймовірністю розвитку розташовані вздовж однієї лінії. Це по-

яснюється наявністю автодороги, яка проходить вздовж туристичного містечка і є визначальним параметром в процесі розвитку. На всіх графіках (рис. 10) видно невелику область справа від дороги, з середньою ймовірністю урбанізації. Дана область виникає внаслідок розташування залізничної станції в цьому околі.

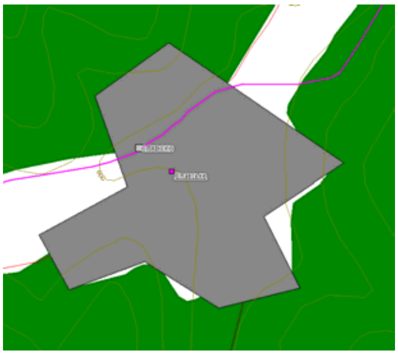


Рисунок 9 – смт. Славське в ГІС MapInfo

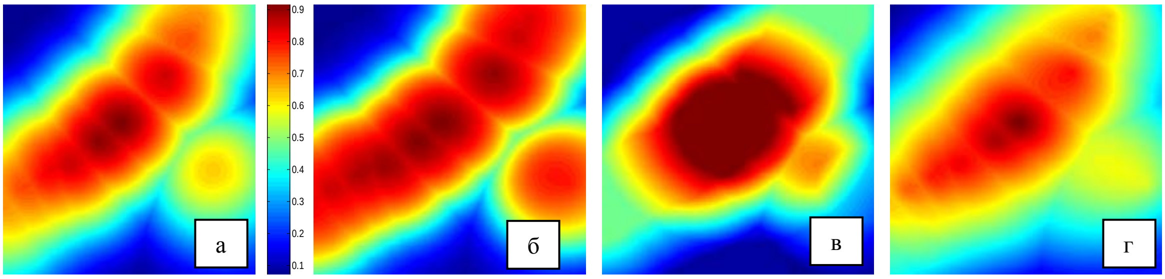


Рисунок 10 – Поля ймовірності урбанізації: а) гаусівські, б) дзвіноподібні, в) трапецієвидні, д) трикутні

Спільною рисою приведених вище міст є те, що їх розвиток відбувався протягом тривалого періоду часу і проходив під впливом власних процесів забудови на місцях, популярних для відпочинку. Особливістю таких містечок є відсутність генерального плану забудови. Як показали дослідження, отримані результати є схожими для більшості туристичних містечок Карпатського регіону, що підтверджує вплив вхідних параметрів моделі (1) на перебіг процесів їх розвитку і розбудови.

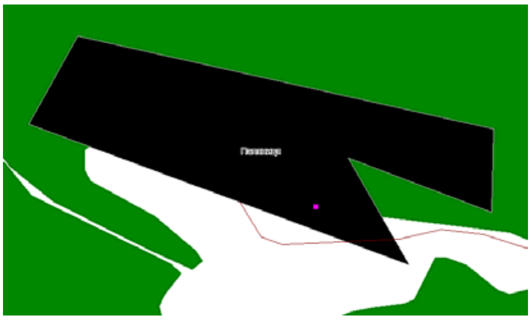


Рисунок 11 – с. Паляниця в ГІС MapInfo

Однак результати, що були отримані для с. Паляниця, суттєво відрізняються від інших туристичних містечок. На рис. 12 зображено отримані різними методами просторові поля ймовірності урбанізації. Бачимо, що жодне поле не відображає просторову структуру містечка, зображеного на рис. 11. Це пояснюється тим, що дане поселення розвивається порівняно недавно, розбудова відбувається монополізовано і була повністю розрахована інвестором. Розвиток проходить відповідно до визначеного генерального плану і не враховує прихованих властивостей, які притаманні іншим туристичним поселенням регіону.

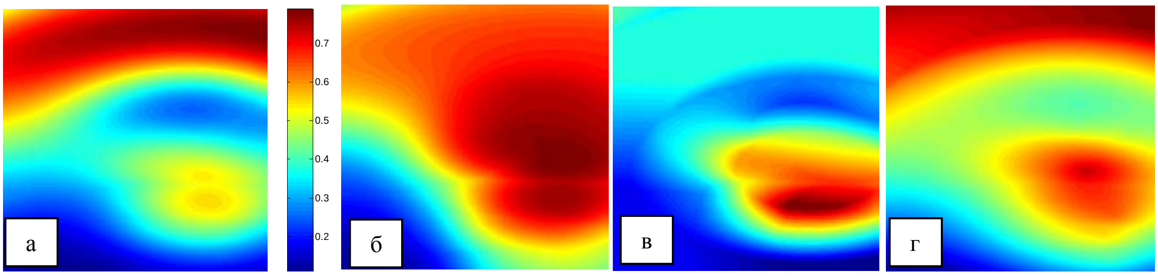


Рисунок 12 – Поля ймовірності урбанізації: а) гаусівські, б) дзвіноподібні, в) трапецієвидні, д) трикутні

Висновки

У роботі було розроблено методи побудови просторових розподілів полів ймовірності урбанізації туристичних містечок Карпатського регіону на основі гібридної мережі ANFIS. Показано, що найкращий результат отримано в результаті використання FIS-систем з гаусівськими та дзвіноподібними функціями приналежності. FIS-системи з трикутними і трапецієвидними функціями приналежності не дали адекватних результатів і відповідно не підходять для моделювання соціальних систем.

При моделюванні просторових структур туристичних поселень Карпатського регіону було отримано схожі результати. Це пояснюється спільними етапами розвитку даних містечок, що проходив під впливом власних процесів забудови на місцях, популярних для відпочинку. Проте даний метод не підходить для моделювання поселень, які розвиваються згідно з генеральним планом забудови, що було показано на прикладі с. Паляниця. Використання методу дало змогу отримати просторові структури з високою точністю форм, що підтверджує адекватність підходу.

За допомогою запропонованого методу можна будувати просторові поля ймовірності урбанізації для більшості туристичних містечок різних регіонів. Даний метод враховує притаманні більшості туристичних поселень параметри, тому отримані результати дають комплексну оцінку росту поселень для туристичної індустрії.

Література

1. Modelling dynamic spatial processes: simulation of future scenarios through cellular automata / J. Barredo, M. Kasanko, N. McCormick, C. Lavalle // Landscape and urban planning. – 2003 – V. 64. – P. 145-160.
2. Modeling urban expansion scenarios by coupling cellular automata model and system dynamic model in Beijing, China / C. He, N. Okada, Q. Zhang,P. Shi, J. Zhang // Applied Geography. – 2006 – № 26. – P. 323-345
3. Qingsheng Yanga Cellular automata for simulating land use changes based on support vector machines / Qingsheng Yanga, Xia Lia, Xun Shid // Computers & Geosciences. – 2008 – № 34. – С.592-602.
4. Крючков Н.А. Создание тематических карт на основе данных дистанционного зондирования и цифровых карт / Н.А. Крючков, С.В. Абламейко, Г.П. Апарин [та ін.] // Искусственный интеллект. – 2006. – № 2. – С. 328-331.
5. White R. Cellular automata and fractal urban form: a cellular modelling approach to the evolution of urban land-use patterns / R. White, G. Engelen // Environment and Planning A 1993. – Volume 25(8). – P. 1175-1199.
6. Clarke K.C. Loose-coupling of a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore / K.C. Clarke, L. Gaydos // International journal of Geographical information science. – 1998. – V. 12 (7). – P 699-714.
7. Wu F. Simulation of land development through the integration of cellular automata and multicriteria evaluation / F. Wu, C.J. Webster // Environment and Planning B. – 1998. – V. 25. – P 103-126.

8. Wu F. Calibration of stochastic cellular automata: the application to ruralurban land conversions // Int. J. Geogrfphical Information Science. – 2002. – Vol. 16 (8). – P. 795-818.
9. Li X. Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS / X. Li, A.G.O. Yeh // International Journal of Geographical Information Science. – 2002. – Volume 16. – P. 323-343.
10. Herold M. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling / M. Herold, N.C. Goldstein, K.C. Clarke // Remote Sensing of Environment. – 2003. – № 86. – P. 286-302.
11. Баргесян А.А. Технологии анализа данных: Data Mining, Text Mining, OLAP / Баргесян А.А. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 384 с. : ил.
12. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / Леоненков А.В. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 735 с. : ил.
13. Кифяк В.Ф. Визначення оптимальних рекреаційно-туристичних зон в умовах транскордонного співробітництва / В.Ф. Кифяк, Я.І. Виклюк, О.В. Кифяк // Формування ринкових відносин в Україні. – 2007. – № 1 (68). – С. 132-136.

Я.И. Виклюк, Б.Н. Гаць

Методы построения пространственных распределений полей вероятностей урбанизации на основе ANFIS

В статье рассматривается проблема построения пространственных распределений полей вероятности урбанизации на примере типичных туристических поселков Украинских Карпат. Рассмотрена методика получения данных с геоинформационных систем (ГИС) и нахождение скрытых зависимостей средствами нечеткой логики. Получены нечеткие FIS-системы с разными типами функций принадлежности, на основе которых созданы карты полей вероятности.

Ya. Vyklyuk, B. Gats

Methods of Construction the Spatial Distribution Fields of Urban Probabilities Based on ANFIS

The paper is devoted to the problem of construction the spatial distribution fields of urban probabilities based on typical tourist towns of Ukrainian Carpathian Mountains. The method of extracting data from geoinformation systems (GIS) and finding of hidden dependences using fuzzy-logic are considered. Maps of probability fields are received based on fuzzy FIS-systems with different types of membership functions.

Стаття надійшла до редакції 15.06.2010.